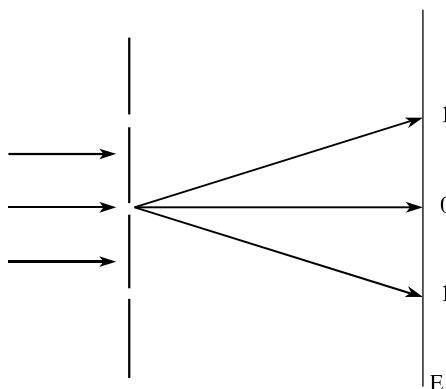


Widać tutaj jasno, że najmniejszą wartość d uzyskamy dla ugięcia pierwszego rzędu ($n=1$) oraz dla największego możliwego kąta θ , przy którym $\sin\theta \cong 1$; wtedy:

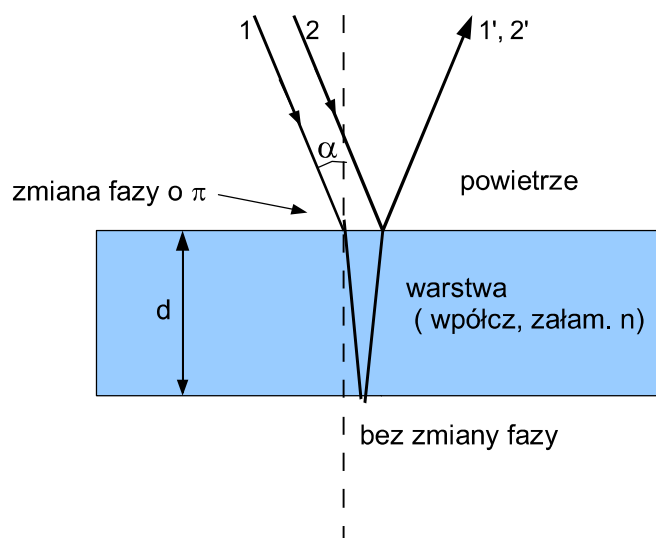
$d \cong \lambda$	(30)
-------------------	------



Tak więc, najmniejsza odległość jaką możemy jeszcze rozróżnić jest ograniczona długością użytej fali świetlnej. Inaczej mówiąc przestrzenna zdolność rozdzielcza jest w najlepszym wypadku rzędu użytej długości fali. Ograniczenie to jest prawdziwe we wszystkich przyrządach optycznych (np. w mikroskopie optycznym, elektronowym czy też przy dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego na kryształach).

Interferencja w cienkich warstwach

Światło padając na cienką przezroczystą lub półprzezroczystą warstwę (np. na plamę oleju na powierzchni kałuży, na warstwę tlenku na metalu czy też na ściankę bańki mydlanej) ulega odbiciu od górnej i dolnej powierzchni warstwy, zaś obie odbite wiązki interferują.



Światło pada prostopadle na cienką warstwę o grubości d i bezwzględnym współczynniku załamania n .

Rozpatrzmy na początku przypadek, gdy fala świetlna pada na cienką warstwę **prostopadle**, tzn., $\alpha=0$ (wtedy także promień załamany jest prostopadły do powierzchni płytki).

Promień, który się bezpośrednio odbił od górnej powierzchni będzie interferował z promieniem, który wszedł do warstwy, odbił się od dolnej powierzchni i wyszedł na zewnątrz. Zauważmy, że wewnątrz płytki (o bezwzględnym współczynniku załamania n)

prędkość światła wynosi $v_n = \frac{c}{n}$, a zatem długość fali w płytce:

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$$

Przy liczeniu różnicy faz obu promieni, oprócz różnicy dróg przebytych przez oba promienie, trzeba jeszcze wziąć pod uwagę fakt, że promień odbijający się na górnej powierzchni (odbicie od ośrodka optycznie „gęstszego”) zmienił fazę o 180° . Tak więc, minima natężenia światła odbitego wystąpią, gdy droga promienia wewnątrz płytki jest się całkowitą wielokrotnością długości fali λ_n (a oprócz tego faza promienia odbijającego się bezpośrednio od górnej powierzchni zmieniła się na przeciwną):

$$2d = m\lambda_n \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

Czyli, **minima** wystąpią, gdy:

$2dn = m\lambda$	(32)
------------------	------

Natomiast maksima interferencyjne wystąpią, gdy:

$$2d = m\lambda_n + \frac{\lambda_n}{2} \quad m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

W powyższym równaniu uwzględniliśmy zmianę fazy na przeciwną w promieniu odbitym, dodając do drogi promienia, który wszedł do płytki – człon: $\lambda_n/2$. A zatem **maksima** wystąpią, gdy:

$2dn = (m + \frac{1}{2})\lambda$	(31)
----------------------------------	------

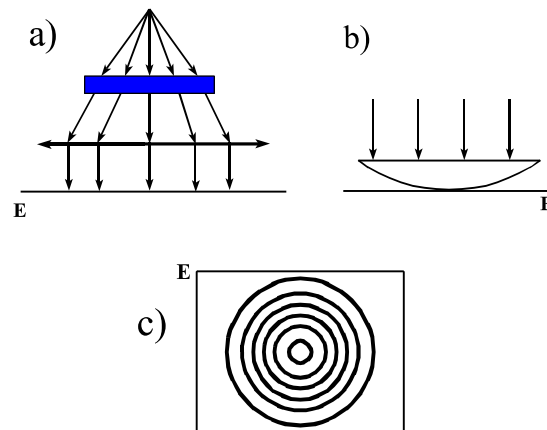
W ogólniejszym przypadku, gdy światło pada na warstwę pod kątem α (patrz rysunek powyżej), warunek na maksima interferencyjne przyjmuje postać:

$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} = (m + \frac{1}{2})\lambda$	(29)
---	------

W świetle relacji (29) możemy zaobserwować dwa typy prążków interferencyjnych:

- a) *Prążki jednakowego nachylenia* (przy $d = \text{const}$, kolejne prążki wystąpią dla pewnych kątów padania α). Takie prążki widzimy właśnie patrząc na kałużę pokrytą cienką warstwą oleju lub benzyny,
- b) *Prążki jednakowej grubości* (przy stałym kącie padania $\alpha = \text{const}$, np. $\alpha = 90^\circ$, prążki wystąpią dla określonej grubości warstwy d).

Poniżej pokazano schematycznie doświadczenie, w którym obserwujemy pierścienie Newtona, odpowiadające prążkom jednakowego nachylenia i jednakowej grubości.



Powstawanie prążków Newtona.

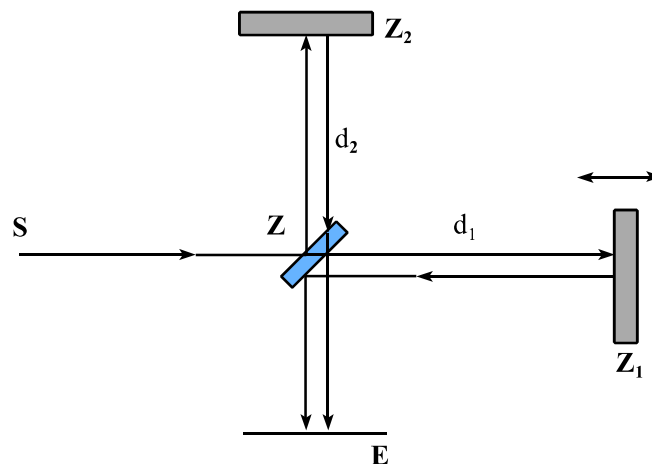
a) Prążki stałego nachylenia - interferencja między falą która przeszła przez płytkę bezpośrednio z tą, która zanim wyszła odbiła się dwukrotnie wewnątrz płytki (doświadczenie Pohl'a),

b) Prążki jednakowej grubości (na szklanym podłożu znajduje się soczewka o bardzo dużym promieniu krzywizny; w ten sposób w różnych miejscach promienie napotykają różną grubość szkła do przejścia)

W obu przypadkach, patrząc z góry zaobserwujemy na ekranie kołowe prążki interferencyjne.

Interferometr Michelsona

Instrument ten odegrał historyczną rolę w doświadczalnym potwierdzeniu hipotezy stałej prędkości światła (i jego niezależności od układu odniesienia). Opiera się on na wykorzystaniu interferencji światła i w podstawowym zastosowaniu służy do wyznaczania długości fali światła. Schemat jego działania przedstawiono na poniższym rysunku.

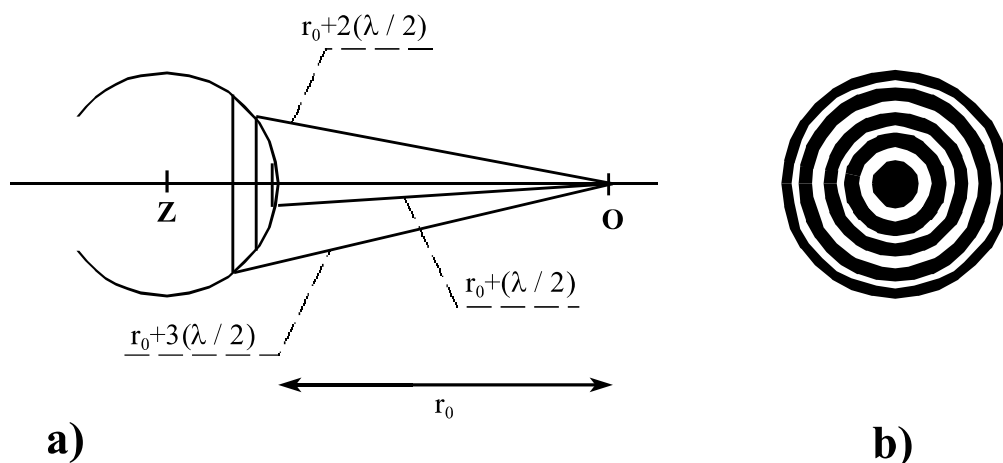


Interferometr Michelsona.

Część światła ze źródła S przechodzi przez zwierciadło Z, następnie odbija się od zwierciadeł Z₁ i Z dochodząc do ekranu E; druga część światła ze źródła S odbija się najpierw od zwierciadła Z, następnie od Z₁, po czym przechodzi przez zwierciadło Z i trafia na ekran E. Interferencja obu strumieni światła jest rejestrowana na ekranie E. Jeśli różnica dróg optycznych Δs obu strumieni wynosi $n\lambda$, to na ekranie zarejestrujemy maksimum. Δs możemy zmieniać przesuwając zwierciadło Z₁ i w ten sposób można wyznaczyć długość fali światła λ .

Strefy Fresnela

Używając zasady Huyghensa można przedstawić rozkład natężenia światła za pomocą tzw. stref Fresnela. Rozważmy punktowe źródło światła Z wysyłające falę, której czoło tworzy w danej chwili powierzchnię sferyczną. Czoło fali można rozbić na strefy w postaci pierścieni współosiowych tak, aby odległości od brzegów poszczególnych stref do punktu O różniły się dla sąsiednich stref o $\lambda/2$ – patrz poniższy rysunek. Działanie źródła światła można przedstawić jako działanie elementarnych wtórnych źródeł rozmieszczonych na powierzchni poszczególnych stref. Zauważmy, że fale pochodzące z sąsiednich stref praktycznie się znoszą, gdyż mają przeciwne fazy. Można wykazać, że działanie całego czoła fali równoważne jest działaniu tylko pierwszej strefy, o kształcie kołowym i o niedużej średnicy; np. dla $r_0=1\text{m}$, przy długości fali $\lambda=0.5\text{ }\mu\text{m}$ średnica pierwszej strefy wynosi około 1 mm (ten fakt może być częściowym wyjaśnieniem tego, że rozchodzenie się fali świetlnej w danym kierunku jest nieźle opisywane przez koncepcję promienia świetlnego). Opierając się na koncepcji stref Fresnela, przeprowadzić można bardzo efektowne pokazy. Na przykład, jeśli przysłonimy wszystkie strefy oprócz pierwszej, to amplituda rejestrowanego światła ... wzrośnie dwukrotnie, zaś jego amplituda - czterokrotnie. Inną, efektowną ilustracją koncepcji stref Fresnela jest doświadczenie z tzw. płytką strefową (patrz część (b) poniższego rysunku). Płytkę strefową zawiera pierścienie o tak dobranych średnicach i szerokościach, aby zakrywały one np. wszystkie strefy parzyste lub też wszystkie nieparzyste. W wyniku przysłonięcia źródła światła płytką strefową – natężenie wzrasta, gdyż fale pochodzące np. ze stref nieparzystych są ze sobą w fazie i następuje wybitne wzmocnienie natężenia. Jest to bardzo spektakularny efekt. Można go pokazać, używając promieniowania mikrofalowego (długość fali oraz szerokość przesłony są rzędu centymetra). Pokaz ten jest spektakularny, gdyż przysłaniając źródło fali, uzyskujemy wzmocnienie natężenia fali przechodzącej.



a) Wyznaczenie stref Fresnela; odległości od punktu obserwacji (O) do granic kolejnych dwóch stref różnią się o $\lambda/2$.

b) Płytkę strefową, zaprojektowaną w ten sposób, aby przysłonić promieniowanie od co drugiej strefy Fresnela. W wyniku przysłonięcia tą płytką, obserwowane natężenie fali wzrasta.

(na podstawie: J. Massalski, M. Massalska, *Fizyka dla inżynierów*, WNT, W-wa, 1980)